

Possible origin of solar bursts not correlated on time at different frequencies.

R. J. MARABINI

Observatorio Astronómico de La Plata

Abstract: The search of solar bursts recorded in 1968 and 1970 at 408 MHz shows the presence of bursts not correlated within ± 20 minutes at different frequencies. It synchrotron radiation is assumed, for this kind of bursts, low and high frequency cut-offs is explainable. Source parameters are deducted, and suggested source of energy.

La investigación de los bursts solares registrados en 1968 y 1970 en la frecuencia de 408 MHz, muestra la presencia de bursts no correlacionados dentro ± 20 minutos a diferentes frecuencias. Si suponemos radiación sincrotrón para este tipo de bursts, el corte en alta y baja frecuencia es explicable. Son deducidos los parámetros de la fuente de emisión y se sugiere la fuente de energía.

1. Observational data

In 1968 at La Plata Observatory (Solar Radio Astronomy Station) was recorded 696 bursts of different types. A Dicke receiver was used working on 408 MHz, with a paraboloid of 6,6 meters.

Correlation of those bursts with solar flares, radio spectrum observations and bursts at different frequencies was done. Marabini 1971. This work gave the evidence of 197 bursts without correlation with data for the events above mentioned, obtained from Solar Geophysical Data and Quarterly Bulletin of Solar Activity.

Those bursts had short duration, less of a second, and low amplitude; series and groups of bursts was frequently. Same occur in 1970.

Maximum measured flux is $S_m = 80 \cdot 10^{-22} \text{ Wm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$ average was $S = 20 \cdot 10^{-22} \text{ Wm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$, for the following work I will use S_m value looking to obtain the source parameters for the highest flux recorded.

2. Source parameters assuming synchrotron radiation

Considering synchrotron radiation in vacuum we can deduct the number of monoenergetic electrons. Applying the theory for a relativistic electron, the flux on Earth is

$$S = 1.4 \cdot 10^{-52} \cdot H \cdot F \cdot \text{Wm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$$

where H (gauss) is the magnetic field and F is a factor depending of f/f_c . In F I will include the effect of the ionized medium. Energy of electrons is $E = 0.46 \text{ Mev}$ for $f/f_c = 3$. Kundu 1965.

For the level on the solar atmosphere for 408 MHz and specially above an active region, we can take $H = 40$ gauss the number of relativistic electrons is with $F = 0.12$

$n = S_m/S$; for $S_m = 80 \cdot 10^{-22} \text{ Wm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$ then $n = 10^{31}$ electrons. Next step is to decide which is the density of relativistic electrons N_r , we need N_r for to compute the volume source.

Boichot and Clavelier (1968) have used for type IV bursts $N_r = 6000 \text{ e/cm}^3$. If we take $N_r = 50 \text{ e/cm}^3$.

$$V = n/N_r; \text{ maximum volume } V_m = 2 \cdot 10^{29} \text{ cm}^3.$$

Assuming the source of decimeter bursts as a short cylinder of diameter D and high h . Such cylinder has a volume

$$V = h \cdot D^3/40 \text{ if } D/h = 10; \text{ we get } D_m = 1.3 \cdot 10^5 \text{ Km. and } h = 1.3 \cdot 10^4 \text{ Km.}$$

This value means 3 minutes of arc and is the maximum size of the source. This figure are quite close comparing with values that Kundu and Firor (1961) found for decimeter bursts. Is necessary to said that D_m depends of the value adopted of N_r , other values of N_r are possible to use but the order of D_m must be in agree with observed size, I think that $N_r = 50$ is very close.

3. Frequency spectrum

Is a matter of fact that some bursts on 408 MHz has not recorded bursts for low and high frequencies that can be correlated on time between ± 20 minutes or more.

The spectrum of synchrotron radiation in vacuum (figure 1) is modified by ionized medium. According with Ramaty and Lingenfelter (1961) respect to the influence of the ionized medium produce at low frequencies and using their curves, figure 2, with α as parameter and ν/ν_c as variable, we can get how will be frequency spectrum; for α corresponding to our problem.

Under 0.25 solar radii and above an active region is possible to find a zone with $H = 40$ gauss and $n_e = 9 \cdot 10^8$ electrons/cm³.

$\alpha = 466 \text{ H}/n_e^{1/2}$, computing we get $\alpha = 0.62$ less of 1 and can be applied the conclusion of their work.

$$\nu_c = 3/2 \nu_0 \cdot \gamma^2$$

$$\nu_c = 580 \text{ MHz}$$

$$\alpha \cdot \gamma = 1.16$$

$$\gamma = 1.89 \text{ (for energy found in paragraph 2)}$$

$$\nu/\nu_c = 0.7 \text{ for } 408 \text{ MHz}$$

$$\nu_0 = 2.8 \text{ H (gauss) MHz}$$

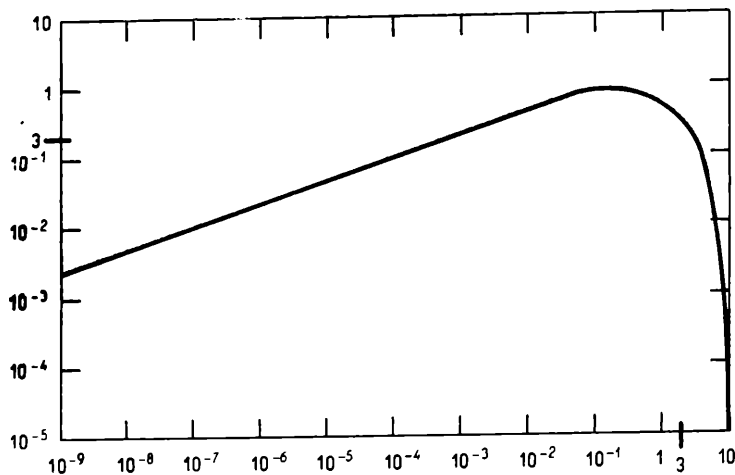


Figura 1

On figure 2 is traced the curve for $\alpha\gamma = 1.16$ and frequency spectrum of those 197 bursts must be like dashed curve shows.

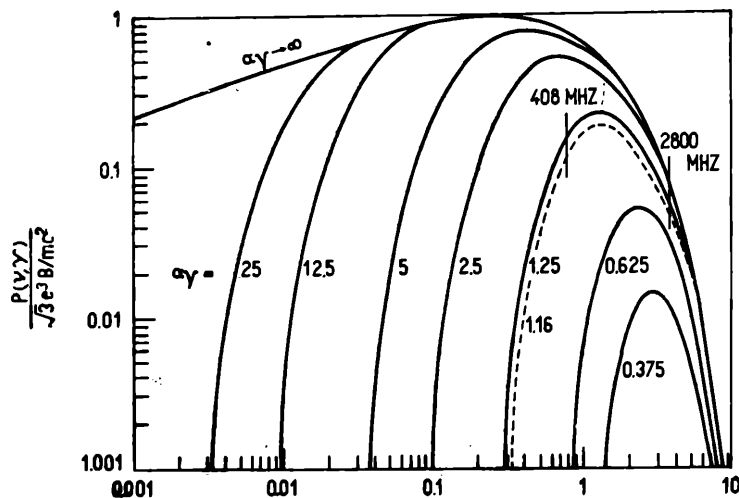


Figura 2

In paragraph 2 was used $F = 0.12$, value that is in coincidence with curve for $\nu/\nu_c = 0.7$ and $\alpha\gamma = 1.16$.

Respect to frequency spectrum, I can conclude that low frequency emission is suppressed and for high frequency, more than 2800 MHz, the flux is less than flux for 408 MHz.

Other important aspect to be take in account is integration time constant of radiotelescopes and recorders response time because bursts has short duration, in La Plata we are using an integration time of 10 milisecond.

4. Source of energy

We said that is necessary for the model to have at least $n = 10^{31}$ electrons with energys of $e = 0.46 \text{ Mev}$; total energy is $E_t = 8 \cdot 10^{25} \text{ erg}$, 10^{-7} times of flare type 3.

De Jager (1969) gave a model for the first phase of flares, in which the magnetic energy is converted in cinetic energy of the electrons. Magnetic fields energy contained in a flux tube is given to the electrons by annihilation of magnetic field.

Supposing that we can consider that is true also for our source of relativistic electrons. Energy is:

$$E_B = V_m B^2 / 8\pi; B = \text{induction}; V = \text{volume}$$

$$\Delta B^2 = B_{in}^2 - B_{fin}^2 = \pi \cdot 8 \cdot E_t / V_m =$$

$$= 8 \cdot \pi \cdot 8 \cdot 10^{25} / 2 \cdot 10^{29} = 10^{-2}$$

It means that the magnetic field of 1 gauss is enough to have energy for the electrons.

5. Process of acceleration

If we think over the electric fields that changes in magnetic field produce (De Jager 1969)

$$\oint E \cdot ds = \frac{d}{dt} \oint H \cdot dA \cdot 10^{-8}$$

$$E \cdot L = \frac{dH}{dt} L^2 \cdot 10^{-8}$$

Taking the caracteristic length $L = 10^8 \text{ cm}$; $E \cdot L = 5 \cdot 10^5 \text{ Volt}$

$dH/dt = 5 \cdot 10^{-3} \text{ seconds}$, this means $dt = 200 \text{ seconds}$ for $dH = 1 \text{ gauss}$ or changes of field of 1 gauss in 200 seconds are needed for energy of 0.5 Mev.

6. Life time of bursts

Bursts presents a very short duration less of second in all cases except few of it has an smooth cotinuum, of less of 5 minutes of duration, it can be explained directly as synchrotron radiation with its life time determined for damping radiation or collision with thermal electrons (Spitzer 1956, Takagura 1960).

Short lives events are not so easy to explain as the continuum, and the only possibility is that electrons are moving out of the source.

If a bunch of electrons are moving towards the corona, like type III, crossing the zone of the source or going out from it short bursts are predictable.

Other form can be, electrons travelling with high speed in direction of B lines inside the tubes of magnetic force, and can cross the level of source in short time. (Velocities of $5 \cdot 10^4 \text{ Km sec}^{-1}$ parallel to B). Series and groups of bursts can exist if bunches of electrons are injected in the region

that the emission departures. An aspect for to think about are magnetic mirrors.

REFERENCES

1. Boichot, A.; Clavelier, B.: Symposium 35 IAU, 565, 1968.
2. De Jager, C.: Utrechtse Sterrekundige Overdrunken 92, 1969.
3. Kundu, M.: Solar Radio Astr., Intersc. Publ., 44, 1965.
4. Kundu M.; Firor, J.: Astrophys. J., 134, 389, 1961.
5. Marabini, R.: Reunión 17 Asoc. Arg. Astronomía, 1971.
6. Ramaty, R.; Lingenfelter, R.: J. Geophys. Res., Vol. 72, Nº 3, 1967.
7. Spitzer, L.: Physics of Fully Ionized Gases, Int., Scienc. Pub. 1956.
8. Takakura, T.: Publ. Astrom. Soc. Japan 12, 325-351, 1960.

Campo de Velocidades en el limbo solar

TOMÁS PANETH S. I.

Observatorio N. de Física Cósmica, San Miguel, Argentina

El estudio de la rotación solar y de los diversos problemas vinculados a la misma ha recibido gran atención en los últimos tiempos. Hay numerosos trabajos sobre la velocidad de rotación a distintas alturas y latitudes (por ej. Solonsky, 1972; Livingston, 1972; Durney, 1972).

Sin embargo hay un tema mucho menos estudiado: la posición del eje de rotación en el espacio. Sobre esto existe el trabajo fundamental que realizó Carrington en 1863 al iniciarse el método fotográfico con estadística de manchas y desde entonces parece que todos los autores suponen:

- 1) Que no puede mejorarse la determinación, o no tiene sentido.
- 2) Que el eje sigue después de más de un siglo en la misma posición.
- 3) Que el eje es el mismo para todas las capas y todas las latitudes.

El equipo de San Miguel se presta para esta clase de estudios porque además de disponer de las posiciones de manchas ya perforadas para obtener con estadísticas la posición para la fotosfera, el espectrógrafo permite obtener parte del espectro de un diámetro entero de la imagen del Sol. Además permite ubicar la ranura en dirección de la ascensión recta, o perpendicular a ella, o en casi cualquier otra dirección. De este modo se pueden obtener en una misma fotografía los espectros de los limbos Norte y Sur, y el centro correspondiente, o los Este y Oeste, y el centro correspondiente.

Método de trabajo

Dada la dificultad en San Miguel de superponer espectros patrones, y diversas causas de error en cuanto a la dispersión, el método de trabajo por el momento es el siguiente: escogida una zona espectral fácil de ubicar y que contiene

varias líneas atmosféricas, se utilizan éstas como patrones. Una se utiliza como patrón de longitud de onda y las otras para normalizar la dispersión en los densitogramas. Los desplazamientos Doppler a esperar en las líneas solares son de

unos 40 mÅ en el ecuador los cuales en la escala del densitograma corresponden a unos 2 mm o que cada milímetro corresponde a 1 km/seg. Décimas de milímetro se pueden leer con seguridad, de modo que hasta este punto el método es seguro. En cambio el ruido debido al grano de placa crea problemas.

En primera aproximación se supone el Sol girando como un sólido. Llamaremos dirección Este-Oeste a la de la ascensión recta y Norte-Sur a la perpendicular a ésta. Por diferencia entre el limbo Norte menos el Sud se obtiene la componente Norte-Sur de la velocidad. Del mismo modo se obtiene la Este-Oeste. La resultante da el vector velocidad ecuatorial y su normal la posición del eje. Por otra parte, promediando los 4 limbos y restando el promedio de los centros, se obtiene el presunto desplazamiento hacia el rojo del limbo y estadísticamente, si es el limbo o el centro lo desplazado.

La Fig. 1 es la zona de las líneas D₁ y D₂ del Atlas de Utrecht, con las líneas principales identificadas según las tablas de Rowland. (Reducido. Longitud original aproximada 31 cm.). La Fig. 2 es un densitograma tal cual sale. (Reducido. Longitud original aproximada 26 cm.). Las líneas marcadas con I y III son atmosféricas, hasta el punto que se vuelven mucho más profundas los días de humedad. En el mismo densitograma se ve el efecto del ruido de placa y la forma de determinar el centro en la parte más profunda de la línea y a nivel del continuo de la línea del titanio (marcada con II) y de la parte más profunda de la D₁ (marcada con IV) y en una parte cercana a esta zona profunda. La línea de referencia es la III y las utilizadas para

normalización son la I y la atmosférica de 5899.919 Å. Todo el trabajo se realiza 2 veces con cada densitograma y todavía para control se calcula la velocidad de la línea atmosférica 5891,660 Å.

Dado que las cuentas, aunque parecen simples, son muy largas y hay que calcular el arc tg P (ángulo con que se ve el eje solar respecto al terrestre), se hicieron los programas para hacerlos con una Olivetti 101 de que disponemos.

Dicho ángulo "P" viene tabulado en la Efemerides del Observatorio Naval de Washington en base a los datos de Carrington y resulta de la suma algebraica de la proyección del ángulo entre el eje del Sol y el de la eclíptica, y la proyección del de la eclíptica y el eje del mundo, proyectando ambas veces sobre un plano perpendicular a la línea Tierra-Sol en el momento de la observación.

El haber supuesto el Sol rígido hace aparecer el ángulo "P" un poco menor de lo que realmente es, porque la mayor velocidad ecuatorial exagera la componente Este-Oeste de la velocidad respecto la Norte-Sur. Es un problema dejado para más adelante para ser resuelto por métodos